

**Windenergieanlage****Publication number:** DE19844258**Publication date:** 2000-03-30**Inventor:** SCHIPPMANN HUGO L (DE)**Applicant:** DEWIND TECHNIK GMBH (DE)**Classification:****- International:** F03D7/02; F03D7/04; H02P9/04; F03D7/00; H02P9/04; (IPC1-7): F03D7/00**- European:** F03D7/02D; F03D7/04; H02P9/04**Application number:** DE19981044258 19980926**Priority number(s):** DE19981044258 19980926**Also published as:**

WO0019094 (A1)

EP1125060 (A1)

US6809431 (B1)

EP1125060 (A0)

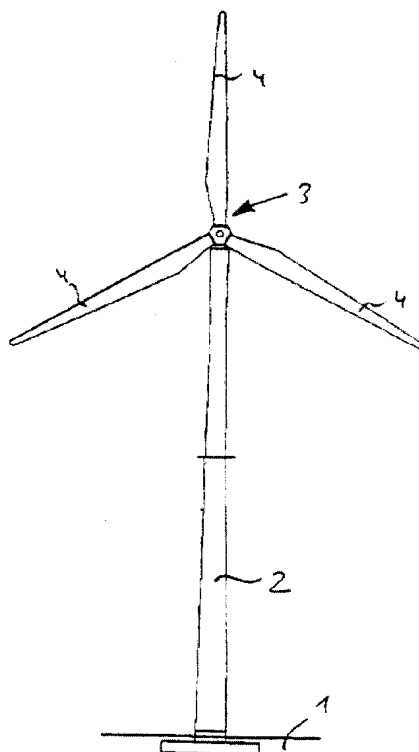
EP1125060 (B1)

more &gt;&gt;

Report a data error here

**Abstract of DE19844258**

The invention relates to wind energy system comprising a rotor (3) which can be wind-driven and which comprises adjustable rotor blades (4). The wind energy system also comprises a generator which is directly or indirectly connected to the rotor and which is provided for generating electrical energy. The generator can output power with a variable rotational speed of the rotor. A management system is also provided which is designed to regulate the rotational speed of the rotor within a predetermined wind speed range by adjusting the rotor blade angle, and which can shut down the operation of the system when a shut-down speed is exceeded. According to the invention, a wind energy system can be economically manufactured in an advantageous manner while using fewer materials and accruing lower energy costs if the management system is designed to regulate downward the rotational speed of the rotor and the power output by adjusting the rotor blade angle within a range between a predetermined limiting speed and the shut-down speed.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 44 258 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 03 D 7/00**

②1 Aktenzeichen: 198 44 258.0  
②2 Anmeldetag: 26. 9. 1998  
④3 Offenlegungstag: 30. 3. 2000

DE 198 44 258 A 1

⑦1 Anmelder:  
DeWind Technik GmbH, 23569 Lübeck, DE  
  
⑦4 Vertreter:  
Dr. Vonnemann & Partner, 20099 Hamburg

⑦2 Erfinder:  
Schippmann, Hugo L., 23552 Lübeck, DE

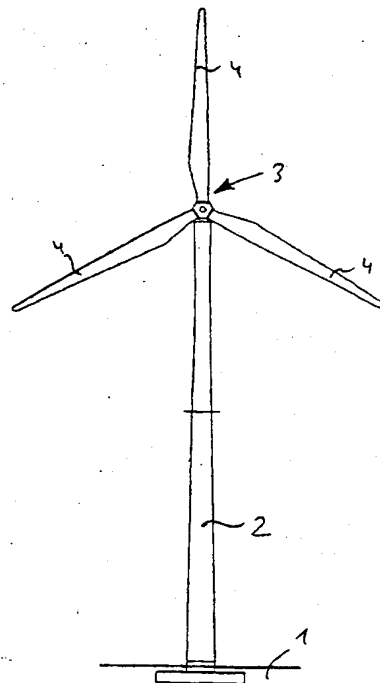
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE 195 32 409 A1  
WO 93 11 604 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤4 **Windenergieanlage**

⑤7 Eine Windenergieanlage mit einem vom Wind antreibbaren Rotor (3) mit verstellbaren Rotorblättern (4), einen mit dem Rotor direkt oder indirekt verbundenem Generator zur Erzeugung elektrischer Energie, wobei die Leistungsabgabe des Generators bei variabler Rotordrehzahl möglich ist, und einem Betriebsführungssystem, das innerhalb eines vorgegebenen Windgeschwindigkeitsbereichs die Rotordrehzahl unter Verstellen der Rotorblattwinkel regelnd und dem Betrieb der Anlage oberhalb einer Abschaltgeschwindigkeit abschaltend ausgebildet ist, kann unter Einsparung von Material- und Energiekosten vorteilhaft kostengünstig hergestellt werden, wenn das Betriebsführungssystem die Rotordrehzahl und die Leistungsabgabe unter Verstellen der Rotorblattwinkel in einem Bereich zwischen einer vorgegebenen Grenzggeschwindigkeit und der Abschaltgeschwindigkeit herunterregelnd ausgebildet ist.



DE 198 44 258 A 1

Die Erfindung betrifft eine Windenergieanlage mit einem vom Wind antreibbaren Rotor mit einem oder mehreren winkelverstellbaren Rotorblättern, einem mit dem Rotor direkt oder indirekt verbundenem Generator zur Erzeugung elektrischer Energie, wobei die Leistungsabgabe des Generators bei variabler Rotordrehzahl möglich ist, und einem Betriebsführungssystem, das innerhalb eines vorgegebenen Windgeschwindigkeitsbereichs die Rotordrehzahl unter Verstellen der Rotorblattwinkel regelnd und den Betrieb der Anlage oberhalb einer Abschaltgeschwindigkeit abschaltend ausgebildet ist.

Eine derartige Windenergieanlage ist beispielsweise aus der WO 93/11604 bekannt. Solche Windenergieanlagen, die mit variabler Rotordrehzahl und variablen Rotorblattwinkeln arbeiten, erwirtschaften mehr elektrische Energie als Anlagen, die mit einer einzigen festen Rotordrehzahl und fest vorgegebenen Rotorblattwinkeln arbeiten. Üblicherweise arbeitet man mit variabler Drehzahl im Bereich sehr geringer Windgeschwindigkeiten, wobei die Rotorblätter einen großen Winkel gegenüber dem einfallenden Wind einnehmen, der nur wenig kleiner ist als 90 Grad. Der Verstellbereich erstreckt sich typischerweise von -3 bis 90 Grad. Der Rotorblattwinkel wird bei zunehmenden Windgeschwindigkeiten zunächst nicht verändert, bis die Windgeschwindigkeit ausreicht, um den Rotor mit Nenndrehzahl zu drehen, wobei die Windenergieanlage ihre Nennleistung abgibt. Die Leistungsabgabe nimmt also ausgehend von einer sehr kleinen Leistung bei einer Mindestwindgeschwindigkeit zusammen mit der Rotordrehzahl zu, bis die Nennleistung erreicht ist. Bei weiter zunehmender Windgeschwindigkeit wird nunmehr die Nennleistung und die Nenndrehzahl möglichst konstant gehalten, indem die Rotorblätter immer weiter in Windrichtung verstellt werden, bis die Windgeschwindigkeit über eine Abschaltgeschwindigkeit ansteigt. Hier wird die Windenergieanlage abgeschaltet, indem die Rotorblätter vollkommen in Windrichtung gedreht werden, so daß die Rotorblattwinkel gegenüber der Windrichtung etwa null Grad betragen. Dadurch wird der Rotor abgebremst. Die Abschaltung bei sehr hohen Windgeschwindigkeiten ist notwendig, weil die Belastung der Windenergieanlage im Betrieb bei Starkwind, insbesondere bei Böen, so groß werden kann, daß Beschädigungen auftreten bzw. die Lebensdauer der Anlage abnimmt.

Bei bekannten Windenergieanlagen wird die Rotordrehzahl bis zum Erreichen der Abschaltgeschwindigkeit konstant geregelt, wobei die Nennleistung abgegeben wird. Bei Überschreiten der Abschaltgeschwindigkeit wird die Rotordrehzahl durch Verstellen der Rotorblattwinkel in Fahnenstellung auf Null heruntergeregelt. Dabei müssen diese Windenergieanlagen selbstverständlich so stark dimensioniert werden, daß sie bis zum Erreichen der Abschaltwindgeschwindigkeit noch mit Nennleistung und Nenndrehzahl betrieben werden können. Darüber hinaus werden die bekannten Windenergieanlagen bei Erreichen der Abschaltgeschwindigkeit mit der vollen anliegenden Nennleistung plötzlich innerhalb weniger Sekunden vom stromaufnehmenden Verbundnetz getrennt. Bei großflächigen Mehrfachaufstellungen von mehreren 100 MW, sowohl in Windparks als auch in räumlich großflächigen Gebieten mit hoher installierter Gesamtleistung, kommt es deshalb häufig dazu, daß alle Windenergieanlagen bei Erreichen der Abschaltgeschwindigkeit plötzlich vom Netz getrennt werden. Dabei treten natürlich große Schwankungen im Leistungsangebot auf, die durch aufwendige Maßnahmen ausgeglichen werden müssen.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Windenergieanlage der

eingangs genannten Art anzugeben, die schwächer dimensioniert sein kann und in der Herstellung kostengünstiger ist, wobei die Betriebsfähigkeit auch bei höheren Windgeschwindigkeiten gewährleistet bleibt.

Die Erfindung löst diese Aufgabe dadurch, daß das Betriebsführungssystem die Rotordrehzahl und die Leistungsabgabe unter Verstellen der Rotorblattwinkel in einem Bereich zwischen einer vorgegebenen Grenzgeschwindigkeit und der vorgegebenen Abschaltgeschwindigkeit herunterregelnd ausgebildet ist. Aufgrund der erfindungsgemäßen Regelung wird die Belastung der Windenergieanlage bei Windgeschwindigkeiten oberhalb der Grenzgeschwindigkeit in etwa konstant gehalten oder sogar verringert, so daß die Dimensionierung der Windenergieanlage nicht auf die relativ hohe Abschaltgeschwindigkeit sondern nur auf die relativ geringe Grenzgeschwindigkeit abgestimmt werden muß. Die schwächer dimensionierte Windenergieanlage kann unter erheblicher Material- und Energieeinsparung sehr viel kostengünstiger gefertigt werden als bekannte Windenergieanlagen. Dabei ist der Verlust an gewonnener elektrischer Energie aufgrund der im Bereich zwischen Grenzgeschwindigkeit und Abschaltgeschwindigkeit reduzierten Leistungsabgabe vernachlässigbar klein, denn Windgeschwindigkeiten in diesem Bereich kommen bei mitteleuropäischen Standorten relativ selten vor, so daß die erfindungsgemäße Windenergieanlage im Jahresmittel kaum weniger Energie produziert als die bekannten Anlagen.

Um eine optimale Energieausbeute bei verschiedenen Windgeschwindigkeiten zu erhalten, wird vorgeschlagen, daß das Betriebsführungssystem bei ausreichenden Windgeschwindigkeiten unterhalb der vorgegebenen Grenzgeschwindigkeit die Leistungsabgabe im wesentlichen auf den Wert der Nennleistung der Anlage regelnd ausgebildet ist. In diesem Windgeschwindigkeitsbereich ist die Belastung der Windenergieanlage noch relativ gering, so daß die Leistungsabgabe bedenkenlos bis zur höchsten Dauerleistung geregelt werden kann.

In Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Betriebsführungssystem die Leistungsabgabe ausgehend von der Nennleistung mit zunehmender Windgeschwindigkeit oberhalb der vorgegebenen Grenzgeschwindigkeit bis zur vorgegebenen Abschaltgeschwindigkeit stetig abnehmend herunterregelnd ausgebildet ist. Durch diese Maßnahme wird eine höchstmögliche Leistungsabgabe gewährleistet, ohne daß die höchstzulässige mechanische Belastung der Windenergieanlage überschritten wird. Insbesondere kann die Regelung so ausgebildet sein, daß die mechanische Belastung bei jeder Windgeschwindigkeit innerhalb des genannten Geschwindigkeitsbereichs konstant bleibt.

In erster Näherung kann die mit der Windgeschwindigkeit zunehmende Belastung durch eine proportionale Abnahme der Rotordrehzahl ausgeglichen werden, so daß die Gesamtbelastung im wesentlichen konstant bleibt. Eine einfache Ausführungsform der Erfindung besteht daher in der Maßnahme, daß das Betriebsführungssystem die Leistungsabgabe und die Rotordrehzahl unterhalb der vorgegebenen Grenzgeschwindigkeit, soweit die bei gegebener Windgeschwindigkeit erreichbare Leistung dies ermöglicht, konstant auf die Nennleistung/Nenndrehzahl und oberhalb der Grenzgeschwindigkeit bis zur Abschaltgeschwindigkeit im wesentlichen linear abnehmend regelnd ausgebildet ist. Mit dieser sehr einfachen Regelungsstrategie kann bei gegebener Belastbarkeit der Windenergieanlage ein Optimum an elektrischer Energie erwirtschaftet werden.

In einer bevorzugten Ausgestaltungsform der Erfindung ist vorgesehen, daß das Betriebsführungssystem die Leistungsabgabe bei der Abschaltgeschwindigkeit auf einen vorbestimmten Bruchteil der Nennleistung regelnd ausge-

bildet ist, wobei der Bruchteil im Bereich 10% bis 50% der Nennleistung liegen kann. Bei dieser Regelung wird bis zum Erreichen der Abschaltgeschwindigkeit noch relativ viel elektrische Energie erwirtschaftet.

Bei einer üblichen Baugröße von Windenergieanlagen mit elektrischen Nennleistungen von etwa 1 MW erhält man einen besonders wirtschaftlichen Betrieb, wenn das Betriebsführungssystem die Leistungsabgabe im Windgeschwindigkeitsbereich von etwa 10 m/s bis etwa 20 m/s auf die Nennleistung regelnd ausgebildet ist. Bei derartigen Windenergieanlagen kann die Dimensionierung vorteilhaft gering gewählt werden, wenn die Grenzgeschwindigkeit auf einen Wert zwischen 14 m/s und 20 m/s und die Abschaltgeschwindigkeit auf einen Wert zwischen 20 m/s und 30 m/s einstellbar ist. Die Erfindung ist jedoch nicht auf Anlagen mit Nennleistungen von 1 MW beschränkt, sondern auf alle Leistungsklassen anwendbar.

Da die örtliche vorliegende Luftdichte den Energieinhalt des Windes bestimmt, wird eine Ausführungsform empfohlen, bei der die Windenergieanlage Sensoren zur ständigen Messung und Erfassung der Luftdichte aufweist und das Betriebsführungssystem die Abschaltgeschwindigkeit bei abnehmender Luftdichte höher einstellend ausgebildet ist. Gegenüber einer fest vorgegebenen Abschaltgeschwindigkeit bringt diese Maßnahme den Vorteil, daß bei geringen Luftdichten zusätzlich ein Bereich höherer Windgeschwindigkeiten für die Energiegewinnung erschlossen wird, ohne daß die höchstzulässige Belastung der Windenergieanlage überschritten wird, denn bei geringer Luftdichte kann die Anlage unter sonst gleicher Belastung mit höheren Windgeschwindigkeiten betrieben werden. Insgesamt kann die so ausgebildete Windenergieanlage im Mittel mehr Energie erzeugen als eine Anlage, die unabhängig von der Luftdichte immer bei derselben festen Abschaltgeschwindigkeit abschaltet.

Gegenstand der Erfindung ist auch ein Verfahren zur Regelung der Leistungsabgabe einer Windenergieanlage gemäß der obigen Beschreibung.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert.

Die Figuren zeigen im einzelnen:

**Fig. 1** eine Draufsicht auf eine Windenergieanlage;

**Fig. 2** ein winkolverstellbares Rotorblatt im Schnitt;

**Fig. 3** eine schematische Darstellung der Funktionsweise der Windenergieanlage;

**Fig. 4** Diagramme mit den erfindungsgemäß geregelten Verläufen von Rotordrehzahl und abgegebener Leistung in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit.

Die dargestellte erfindungsgemäße Windenergieanlage weist einen im Erdboden 1 verankerten Mast 2 und einen an der Oberseite des Mastes 2 montierten Rotor 3 mit drei Rotorblättern 4 auf. Wie in Fig. 2 gezeigt, sind die Rotorblattwinkel 5 gegenüber der Windrichtung 6 verstellbar ausgebildet. Wie man in der schematischen Darstellung von Fig. 3 erkennt, ist der Rotor 3 über ein Getriebe 7 mit einem elektrischen doppeltgespeisten Asynchrongenerator 8 mechanisch verbunden. Der Ständer 9 des Generators 8 ist elektrisch mit dem Netz 11 verbunden. Dabei sind Netzfrequenz und im Ständer erzeugte Frequenz miteinander synchronisiert. Der Läufer 10 des Generators 8 wird über die Leitungen 12 von einem Frequenzumrichter 13 elektrisch versorgt, welcher seinerseits mit den Leitungen 14 zwischen Ständer 9 und Netz 11 in Verbindung steht. Mit Hilfe der vom Frequenzumrichter 13 erzeugten frequenzvariablen Läuferströme kann im Läufer 10 trotz variabler Rotorgeschwindigkeit ein mit der Netzfrequenz rotierendes Drehfeld erzeugt werden, wobei die Frequenz der im Ständer 9 erzeugten Ströme mit der Netzfrequenz synchronisiert werden. Damit ist die Leistungsabgabe des Generators 8 bei variabler Ro-

tordrehzahl und Schlupf möglich.

Die vom Generator 8 in das Netz 11 abgegebene Leistung, die Rotordrehzahl und die Einstellung der Rotorblattwinkel werden von einem nicht gezeigten Betriebsführungssystem überwacht und geregelt. Fig. 4 zeigt den erfindungsgemäßen Regelungsverlauf der abgegebenen Leistung und der Rotordrehzahl in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit.

Der Betrieb der Windenergieanlage wird gestartet, sobald eine Mindestwindgeschwindigkeit von 2,5 m/s oder mehr auftritt, wobei eine Rotordrehzahl von beispielsweise 14 Umdrehungen pro Minute erreicht wird. Bei zunehmender Windgeschwindigkeit steigert sich die Rotordrehzahl, bis die Nenndrehzahl von beispielsweise 21 Umdrehungen pro Minute erreicht ist. Dies ist ungefähr bei Windgeschwindigkeiten zwischen 6 m/s und 15 m/s, im Beispiel des Diagramms von Fig. 4 bei 7,5 m/s der Fall. In dem Bereich variabler Rotorgeschwindigkeit werden die Rotorblattwinkel 5 sehr steil eingestellt, so daß sie etwa 70 Grad bis 80 Grad gegenüber der Windrichtung 6 betragen.

Bei höheren Windgeschwindigkeiten als etwa 11 m/s werden die Rotorblattwinkel kleiner eingestellt, so daß die Rotordrehzahl konstant bei ca. 21 m/s bleibt. Dabei regelt das Betriebsführungssystem Frequenz und Stärke der dem Läufer 10 des Generators 8 aufgeprägten Ströme derart, daß die vom Generator 8 an das Netz 11 abgegebene Leistung stetig zunimmt. Ab einer Windgeschwindigkeit von ca. 11,5 m/s wird im Beispiel gemäß Fig. 4 die Nennleistung von 1 MW erreicht. Die Nennleistung darf auf die Dauer nicht überschritten werden, deshalb ist das Betriebsführungssystem so ausgebildet, daß die abgegebene Leistung konstant auf Nennleistung gehalten wird, wobei die Rotorblattwinkel 5 derart geregelt werden, daß auch die Rotordrehzahl weitgehend konstant auf der Nenndrehzahl von ungefähr 21 Umdrehungen pro Minute gehalten wird. Bei auftretenden Böen kann davon um bis zu etwa 10% abgewichen werden.

Wenn die Windgeschwindigkeit eine im Betriebsführungssystem vorgegebene Grenzgeschwindigkeit 15 überschreitet, die bei der vorliegenden Windenergieanlage bei circa 16 m/s liegt, geht das Betriebsführungssystem dazu über, die Leistungsabgabe herunterzuregeln, um die mechanische Belastung der Windenergieanlage, insbesondere des Mastes 2 und seines Fundaments, der Rotorblätter 4, des Getriebes 7 und des Generators 8 sowie der Maschinenkonstruktion zu begrenzen. Aufgrund der Begrenzung der Belastung können die genannten und gegebenenfalls auch weitere Komponenten der Windenergieanlage deutlich schwächer dimensioniert werden als bei Anlagen die bis zur Abschaltgeschwindigkeit 16 mit der Nennleistung gefahren werden.

Ausgehend von der Nennleistung regelt das Betriebsführungssystem nun die Leistungsabgabe mit zunehmender Windgeschwindigkeit oberhalb der vorgegebenen Grenzgeschwindigkeit 15 bis zur Abschaltgeschwindigkeit 16 linear herunter, wobei kurz vor Erreichen der Abschaltgeschwindigkeit 16 noch eine Leistungsabgabe von circa 400 kW erfolgen kann. Die Rotordrehzahl wird in dem Bereich zwischen der Grenzgeschwindigkeit 15 und der Abschaltgeschwindigkeit 16 von der Nenndrehzahl auf 18 Umdrehungen pro Minute heruntergeregelt, indem die Rotorblattwinkel 5 vom Betriebsführungssystem immer kleiner eingestellt werden, wobei die Ebenen der Rotorblätter immer mehr in Richtung Windgeschwindigkeit ausgerichtet werden. Die Abschaltwindgeschwindigkeit beträgt im vorliegenden Fall 23 m/s, gemittelt über 10 Minuten. Hier werden die Rotorblätter 4 wie ganz rechts in Fig. 2 gezeigt in Fahnenstellung gebracht, wobei die Rotorblätter 4 in Windrichtung 6 ausge-

richtet sind (Rotorblattwinkel  $5 = 0$  Grad). Dadurch kommt der Rotor **3** zum Stehen und die Windenergieanlage kann abgeschaltet werden.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Erdboden
- 2 Mast
- 3 Rotor
- 4 Rotorblatt
- 5 Rotorblattwinkel
- 6 Windrichtung
- 7 Getriebe
- 8 Asynchrongenerator
- 9 Ständer
- 10 Läufer
- 11 Netz
- 12 Leitungen
- 13 Frequenzumrichter
- 14 Leitungen
- 15 Grenzggeschwindigkeit
- 16 Abschaltgeschwindigkeit

#### Patentansprüche

1. Windenergieanlage mit einem vom Wind antreibbaren Rotor (**3**) mit einem oder mehreren winkelverstellbaren Rotorblättern (**4**), einem mit dem Rotor (**3**) direkt oder indirekt verbundenem Generator (**8**) zur Erzeugung elektrischer Energie, wobei die Leistungsabgabe des Generators (**8**) bei variabler Rotordrehzahl möglich ist, und einem Betriebsführungssystem, das innerhalb eines vorgegebenen Windgeschwindigkeitsbereichs die Rotordrehzahl unter Verstellen der Rotorblattwinkel (**5**) regelnd und den Betrieb der Anlage oberhalb einer Abschaltgeschwindigkeit (**16**) abschaltend ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Betriebsführungssystem die Rotordrehzahl und die Leistungsabgabe unter Verstellen der Rotorblattwinkel (**5**) in einem Bereich zwischen einer vorgegebenen Grenzggeschwindigkeit (**15**) und der vorgegebenen Abschaltgeschwindigkeit (**16**) herunterregelnd ausgebildet ist.
2. Windenergieanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Betriebsführungssystem bei ausreichenden Windgeschwindigkeiten unterhalb der vorgegebenen Grenzggeschwindigkeit (**15**) die Leistungsabgabe im wesentlichen auf den Wert der Nennleistung der Anlage regelnd ausgebildet ist.
3. Windenergieanlage nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Betriebsführungssystem die Leistungsabgabe ausgehend von der Nennleistung mit zunehmender Windgeschwindigkeit oberhalb der vorgegebenen Grenzggeschwindigkeit (**15**) bis zur vorgegebenen Abschaltgeschwindigkeit (**16**) stetig abnehmend herunterregelnd ausgebildet ist.
4. Windenergieanlage nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Betriebsführungssystem die Leistungsabgabe und die Rotordrehzahl unterhalb der vorgegebenen Grenzggeschwindigkeit (**15**), soweit die Windgeschwindigkeit dafür ausreicht, konstant auf die Nennleistung/Nennndrehzahl und oberhalb der Grenzggeschwindigkeit (**15**) bis zur Abschaltgeschwindigkeit (**16**) im wesentlichen linear abnehmend regelnd ausgebildet ist.
5. Windenergieanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Betriebsführungssystem die Leistungsabgabe bei der Abschaltgeschwindigkeit (**16**) auf einen vorgegebenen Bruch-

teil der Nennleistung regelnd ausgebildet ist.

6. Windenergieanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Betriebsführungssystem die Leistungsabgabe im Windgeschwindigkeitsbereich von etwa 10 m/s bis etwa 20 m/s auf die Nennleistung regelnd ausgebildet ist.

7. Windenergieanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Grenzggeschwindigkeit (**15**) auf einen Wert zwischen 14 m/s und 20 m/s einstellbar ist.

8. Windenergieanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie Sensoren zur ständigen Messung und Erfassung der Luftdichte aufweist und daß das Betriebsführungssystem die Abschaltgeschwindigkeit bei abnehmender Luftdichte höher einstellend ausgebildet ist.

9. Windenergieanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Abschaltgeschwindigkeit (**16**) auf einen Wert zwischen 20 m/s und 30 m/s einstellbar ist.

10. Verfahren zur Regelung der Leistungsabgabe einer Windenergieanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Rotordrehzahl und die Leistungsabgabe unter Verstellen der Rotorblattwinkel (**5**) in einem Bereich zwischen einer vorgegebenen Grenzggeschwindigkeit (**15**) und einer Abschaltgeschwindigkeit (**16**) heruntergeregt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß bei ausreichenden Windgeschwindigkeiten unterhalb der vorgegebenen Grenzggeschwindigkeit (**15**) die Leistungsabgabe im wesentlichen auf den Wert der Nennleistung geregelt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Leistungsabgabe ausgehend von der Nennleistung mit zunehmender Windgeschwindigkeit oberhalb der vorgegebenen Grenzggeschwindigkeit (**15**) bis zur vorgegebenen Abschaltgeschwindigkeit (**16**) stetig abnehmend heruntergeregt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Leistungsabgabe und die Rotordrehzahl unterhalb der vorgegebenen Grenzggeschwindigkeit, soweit die Windgeschwindigkeit dafür ausreicht, konstant auf die Nennleistung/Nennndrehzahl und oberhalb der Grenzggeschwindigkeit (**15**) bis zur Abschaltgeschwindigkeit (**16**) im wesentlichen linear abnehmend geregelt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Leistungsabgabe bei der Abschaltgeschwindigkeit (**16**) auf einen vorgegebenen Bruchteil der Nennleistung geregelt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Leistungsabgabe im Windgeschwindigkeitsbereich von etwa 10 m/s bis etwa 20 m/s auf die Nennleistung geregelt wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Grenzggeschwindigkeit (**15**) auf einen Wert zwischen 14 m/s und 20 m/s eingestellt wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Betriebsführungssystem in Abhängigkeit der von Sensoren ständig gemessenen und erfaßten Luftdichte die Abschaltgeschwindigkeit bei abnehmender Luftdichte höher einstellt.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Abschaltgeschwindigkeit (**16**) auf einen Wert zwischen 20 m/s und

30 m/s eingestellt wird.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

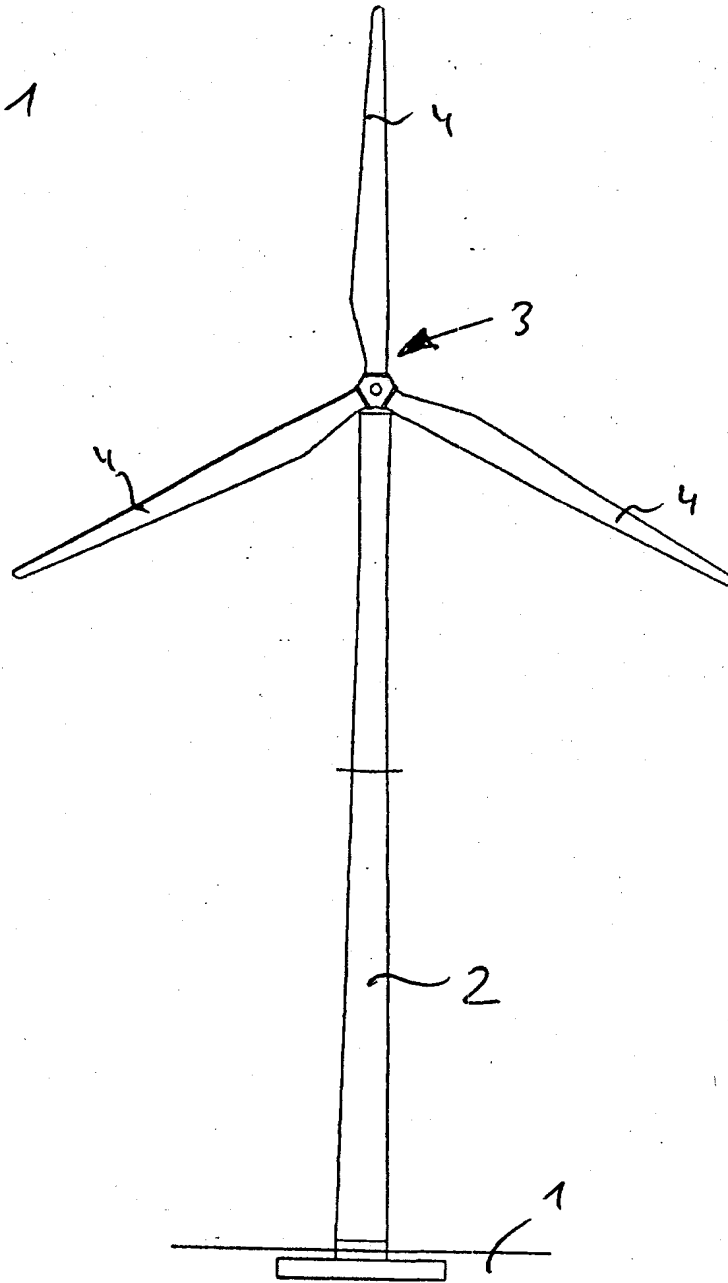
55

60

65

- Leerseite -

Fig. 1





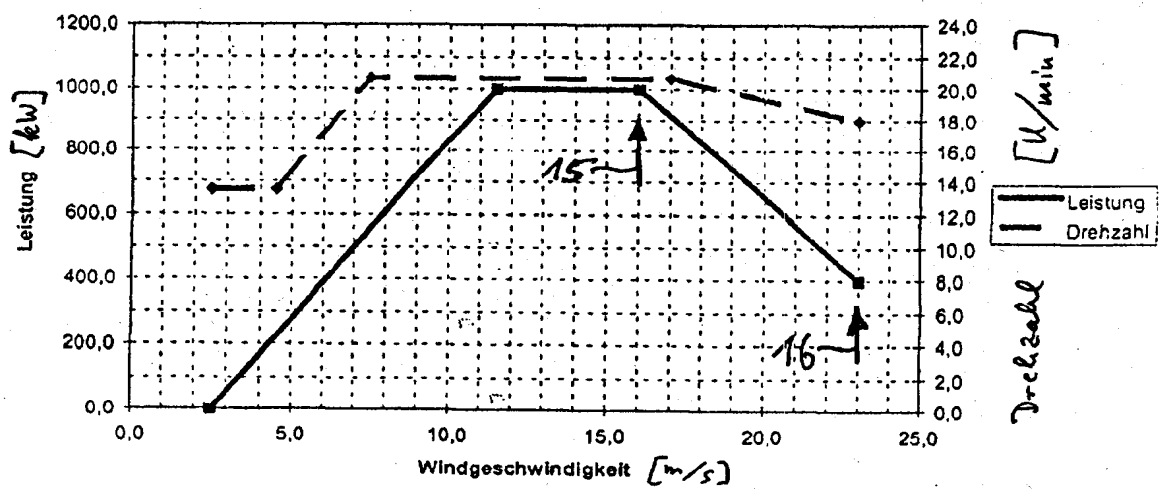
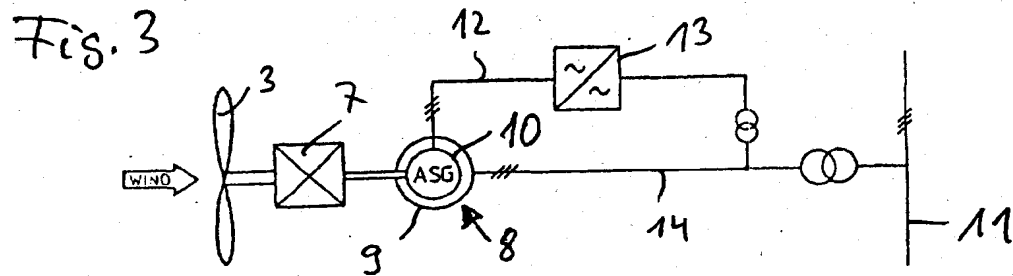
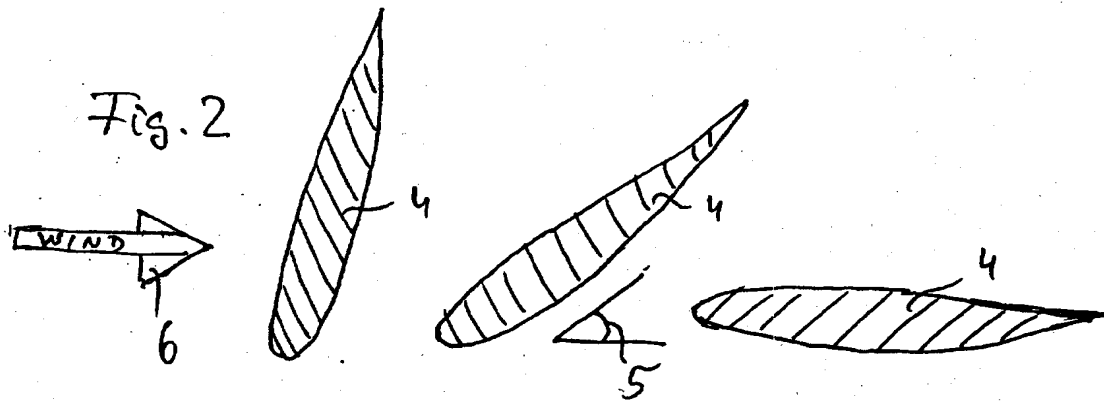


Fig. 4